

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRRICO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO SILICATADA

Marcos Vinícius Mansano Sarto^{1*}; Maria Do Carmo Lana²; Leandro Rampim²;
Jean Sérgio Rosset³; Jaqueline Rocha Wobeto²

SAP 1-PV Data envio: 07/08/2014 Data do aceite: 02/10/2014
Scientia Agraria Paranaensis – SAP; ISSN: 1983-1471
Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. suplemento, dez, p. 266-270, 2015

RESUMO - O silicato de cálcio quando aplicado ao solo pode promover alterações nos atributos químicos do solo, uma vez que é fonte de silício, cálcio e magnésio. O objetivo do presente trabalho foi investigar o efeito da aplicação de silicato de cálcio sobre os atributos químicos de um Latossolo Vermelho eutroférico. O experimento foi realizado em casa de vegetação com delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco doses de silicato de cálcio (0; 1,2; 2,4; 4,8 e 9,6 t ha⁻¹) e quatro repetições. Foram avaliados os atributos químicos do solo. A adubação silicatada eleva os teores de Si, Ca e Mg e os valores de pH, SB e V%, e reduz a acidez potencial (H + Al) do solo.

Palavras-chave: fertilidade do solo, nutrientes, silício.

Chemical properties of an Oxisol in function of silicon fertilization

ABSTRACT - Calcium silicate when applied to the soil may cause changes in the chemical soil since it is a source of silicon, calcium and magnesium. The objective of this study was to evaluate the effect of calcium silicate on the chemical properties of an Oxisol. The experiment was conducted in a greenhouse with a randomized complete block design, with five doses of calcium silicate (0, 1.2, 2.4, 4.8 and 9.6 t ha⁻¹) and four replicates. We evaluated the soil chemical properties. Silicon fertilization increases the content of Si, Ca and Mg, pH values, and SB and V%, and reduces the potential acidity (H + Al) of the soil.

Key words: soil fertility, nutrients, silicon.

¹Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura), Botucatu, SP. E-mail: marcos_sarto@hotmail.com. *Autor para correspondência

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Campus de Marechal Cândido Rondon, PR

³Instituto Federal do Paraná – IFPR, Assis Chateaubriand, PR

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da agricultura moderna baseia-se no aumento de produtividade das áreas agrícolas existentes. Assim, torna-se importante a realização de estudos que contribuam para a minimização dos efeitos que possam causar a diminuição do rendimento e a depreciação da qualidade das espécies cultivadas, como a ocorrência de pragas e doenças, problemas com a fertilidade do solo e nutrição mineral das plantas (BARBOSA et al., 2008).

No Brasil, os solos tropicais e subtropicais, submetidos ao manejo intensivo apresentam altos teores de alumínio (Al), baixa saturação por bases, alta capacidade de fixação de fósforo (P) e altos índices de acidez (MATICHENKOV; CALVERT, 2002). Durante a acidificação do solo, ocorre a liberação de íons H^+ para a solução, visando manter o equilíbrio iônico no interior das células das raízes das plantas, através do mecanismo antiporte, que permite absorver cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ (TAIZ; ZEIGER, 2009), com isso reduz a disponibilidade destes cátions, consequentemente, reduzindo a produtividade das culturas em decorrência da diminuição da fertilidade do solo (RAIJ, 1996).

Assim a correção desses solos torna-se imprescindível para o aumento da produtividade. Os silicatos de cálcio e magnésio, constituídos basicamente de $CaSiO_3$ e $MgSiO_3$, apresentam reações semelhantes às do calcário, que eleva o pH do solo e, disponibiliza o ânion silicato ($H_3SiO_4^-$). Esses silicatos estão associados ao aumento na disponibilidade de Si, elevação do pH e aumento do Ca e Mg trocável do solo, indiretamente propiciando incremento na disponibilidade de fósforo e podendo, ainda, atuar na redução da toxicidade de Fe, Mn e Al^{3+} para as plantas (PRADO et al., 2002).

Além do fornecimento dos nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} e Si ao solo, outro aspecto importante no estudo da adubação silicatada nos atributos químicos do solo, é a

interação do Si com o fósforo e com os nutrientes, como o nitrogênio e o potássio (MARAFON; ENDRES, 2011). De forma que Lima Filho et al. (1999) afirmaram que o uso de fertilizante silicatado aumentam a eficiência da adubação básica com N, P e K, visto que os silicatos apresentam propriedades de adsorção e promovem menor lixiviação de K^+ e de outros nutrientes móveis no solo (MARAFON; ENDRES, 2011).

No Brasil, trabalhos relatam que poáceas têm apresentado incremento na produtividade mediante o fornecimento de Si às plantas (KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995), como no trigo, aveia (LIMA FILHO; TSAI, 2007), milho (MARCUSI, 2010), sorgo (BARBOSA et al., 2008), cana-de-açúcar (KORNDÖRFER et al., 2002; MADEIROS et al., 2009) e arroz (PEREIRA et al., 2004; TOKURA et al., 2007; RAMOS et al., 2008). Esse incremento na produtividade pode estar relacionado à alteração nos atributos químicos do solo. Diante disso, objetivou-se investigar os efeitos da aplicação de silicato de cálcio sobre os atributos químicos do solo em um Latossolo Vermelho eutroférico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Núcleo de Estações Experimentais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste, *campus* de Marechal Cândido Rondon, PR, no período de abril a maio de 2012.

O experimento foi implantado e conduzido em vasos de polietileno de 8,5 dm³, contendo 8 dm³ de solo peneirado em malha de 5 mm. O solo utilizado para o preenchimento dos vasos apresentava textura argilosa, o qual foi coletado na camada arável de 0-0,2 m, no município de Marechal Cândido Rondon - PR, classificado com Latossolo Vermelho eutroférico - LVef (EMBRAPA, 2013). Os valores dos atributos químicos e granulométricos constam na Tabela 1.

TABELA 1. Atributos químicos e granulométricos do Latossolo Vermelho eutroférico coletado na camada de 0-0,2 m de profundidade.

pH	V	P	MO	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Al^{3+}	H+Al	SB	CTC
CaCl ₂	- % -	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----						
4,55	28,47	16,91	20,51	4,11	0,86	0,13	0,20	12,80	5,10	17,9
Micronutrientes										
Cu	Zn	Fe	Mn	Si	Argila	Silte	Areia			
-----mg dm ⁻³ -----			-----g kg ⁻¹ -----							
9,90	15,10	5,90	3,50	19,50	377	499	124			

P, K, Micronutrientes (Extrator Mehlich-1); Al, Ca, Mg (Extrator KCl 1 mol L⁻¹); H+Al pH SMP (7,5); pH Extrator CaCl₂, H₂O (EMBRAPA, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco doses de silicato de cálcio (0, 1,2; 2,4; 4,8 e 9,6 t ha⁻¹) e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. O silicato de cálcio ($CaSiO_3$) utilizado foi o AgroSilício®, oriundo de uma escória da produção do aço inox (Acesita), tratada pela Recmix do

Brasil, em sua composição tem-se 25% de cálcio, 6% de magnésio e 10,5% de silício e PRNT de 88%.

Os vasos permaneceram incubados por 30 dias com 60% do volume total de poros ocupado por água (FREIRE et al., 1980). Após 30 dias foram coletadas amostras do solo para avaliação dos valores de Si (extrator

ac. Acético), $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\text{H}+\text{Al}$, P, K, Ca, Mg e calculado os valores de soma das bases (SB) e saturação por bases (V%) (EMBRAPA, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando houve efeito significativo, seguiu-se à aplicação de estudos de regressão polinomial (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002), com auxílio do programa estatístico SAEG versão 8.0 (SAEG, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises de solo realizadas no final do experimento pode-se observar que houve alterações nos atributos químicos do solo (Figura 1). A aplicação de silicato de cálcio aumentou significativamente a concentração de Si no solo (Figura 1a), com teores iniciais de $19,5 \text{ mg dm}^{-3}$ na testemunha, aumentando para $38,5 \text{ mg dm}^{-3}$ com a dose de $9,6 \text{ t ha}^{-1}$. Corroborando com os resultados de Souza et al. (2008), em que ao estudarem a substituição do carbonato de cálcio pelo silicato de cálcio sobre os atributos químicos do solo, relatam incremento nos valores de Si no solo decorrente da aplicação do silicato de cálcio em relação ao carbonato de cálcio.

A utilização do silicato de cálcio elevou de forma linear os valores de $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$, com valores iniciais de 4,9 aumentando para 6,8 com a dose de $9,6 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 1b) e $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ com valores iniciais de 6,1 aumentando para 7,5 com a aplicação de $9,6 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 1c). Resultado semelhante com o efeito de silicatos na neutralização da acidez do solo também foi obtido por vários autores (CARVALHO-PUPATTO et al., 2004; MELO, 2005; KORNDÖRFER et al. 2010; SARTO et al., 2012; 2014). Este efeito da escória na reação do solo ocorreu principalmente pela presença da base silicato SiO_3^{2-} , gerada pela reação das escórias no solo (ALCARDE, 1992), que interfere positivamente no pH.

A aplicação do silicato de cálcio, além de elevar o pH, promoveu redução significativa na acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) (Figura 1d). Foi observado que os valores de $\text{H} + \text{Al}$ decresceram de $12,31$ para $6,58 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, na dose máxima utilizada, ou seja, a acidez potencial diminuiu em decorrência da elevação do pH, devido à reação do SiO_3^{2-} no solo, formando H_2SiO_3^- (ALCARDE, 1992), que reduziu o H^+ presente na solução do solo.

Barbosa Filho et al. (2004) também verificaram redução na acidez potencial com a aplicação de escória, favorecendo o desenvolvimento da cultura do arroz. Prado et al. (2003), ao estudarem o efeito residual de escória siderúrgica e do calcário calcítico em cana-de-açúcar, verificou que ambos reduzem a acidez potencial trocável nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m semelhantemente.

Com relação às concentrações de P e K no solo, não houve efeito significativo com a aplicação de silicato de cálcio. Sobral et al. (2011), ao estudarem a escória de aciaria de forno elétrico e o fornecimento de nutrientes para a cana-de-açúcar, observaram aumento significativo nos teores de Ca, Mg, P, Si, Fe, Mn e Zn no solo e redução da acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$).

Também foi verificado aumento significativo nos teores de Ca e Mg em função das doses de silicato de cálcio aplicadas ao solo (Figuras 1e e 1f). Os teores de Ca

e Mg no solo, no tratamento testemunha, eram de $4,11$ e $0,86 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente, enquanto, na dose máxima de silicato de cálcio utilizada ($9,6 \text{ t ha}^{-1}$), os teores para estes elementos atingiram $5,94$ e $1,32 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, representando um aumento nos teores de Ca de $44,52\%$ e de Mg de $53,49\%$. Concordando com resultados obtidos por Korndörfer et al. (2010), Sobral et al. (2011) e Sarto et al. (2012), os quais encontraram elevação nos teores de Ca e Mg com a utilização de fontes silicatadas. O acréscimo nos teores de Ca e Mg pode ser resultante da composição química do material utilizado, oriundo do processo de fundição do aço, onde o Ca e o Mg contido no silicato, participam das reações (FIRME, 1986). Prado et al. (2003) também obtiveram elevações da concentração Ca e Mg na profundidade de 0-0,2 m ao avaliarem o efeito residual de escória siderúrgica em solo cultivado com cana-de-açúcar.

De acordo com a figura 1g, observa-se que, a soma de bases (SB) aumentou em decorrência do incremento das concentrações de cálcio e magnésio no solo promovido pelo silicato de cálcio. O pH do solo afeta diretamente a CTC efetiva, pois esta, expressa a retenção de cátions determinada no pH atual do solo.

Semelhantemente a SB, a saturação por bases (V%) também aumentou com a aplicação de silicato de cálcio (Figura 1h), passando de $28,7\%$ no tratamento testemunha para $51,9\%$ na dose máxima de silicato de cálcio ($9,6 \text{ t ha}^{-1}$). Os valores de V% obtidos nos tratamentos são relacionados aos que apresentaram valor superior de pH e ao mesmo tempo, valor superior de Ca e Mg. Esse aumento da saturação por bases do solo com a aplicação de silicato de cálcio, também foi contatado por Korndörfer et al. (2010).

Essas mudanças nos atributos químicos do solo como aumento da SB e V% promovidas pela aplicação do silicato de cálcio, corroboram com os resultados de Melo (2005), Pulz et al. (2008), Korndörfer et al. (2010), e Savant et al. (1997), os quais salientam que o uso desta fonte pode ser aplicado como corretivo de solo, com a vantagem de possuir Si em sua composição, o que tornar as plantas menos suscetíveis a estresse (GUNES et al., 2008).

CONCLUSÕES

A aplicação de silicato de cálcio em Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa aumenta os teores de Si, Ca, Mg e os valores de pH, SB e V%, e reduz a acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J.C. **Corretivo de acidez do solo**: características e interpretações. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1992. 26 p. (Boletim Técnico, 6).
- BARBOSA FILHO, M.P.; ZIMMERMANN, F.J.P.; SILVA, O.F. Influência da escória silicatada na acidez do solo e na produtividade de grãos do arroz de terras altas. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.28, n.2, p.323-331, 2004.
- BARBOSA, N.C.; VENÂNCIO, R.; ASSIS, M.H.S.; PAIVA, J.B.; CARNEIRO, M.A.C.; PEREIRA, H.S. Formas de aplicação de silicato de cálcio e magnésio na cultura do sorgo em neossolo quartzarênico de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.38, n.4, p.290-296, 2008.

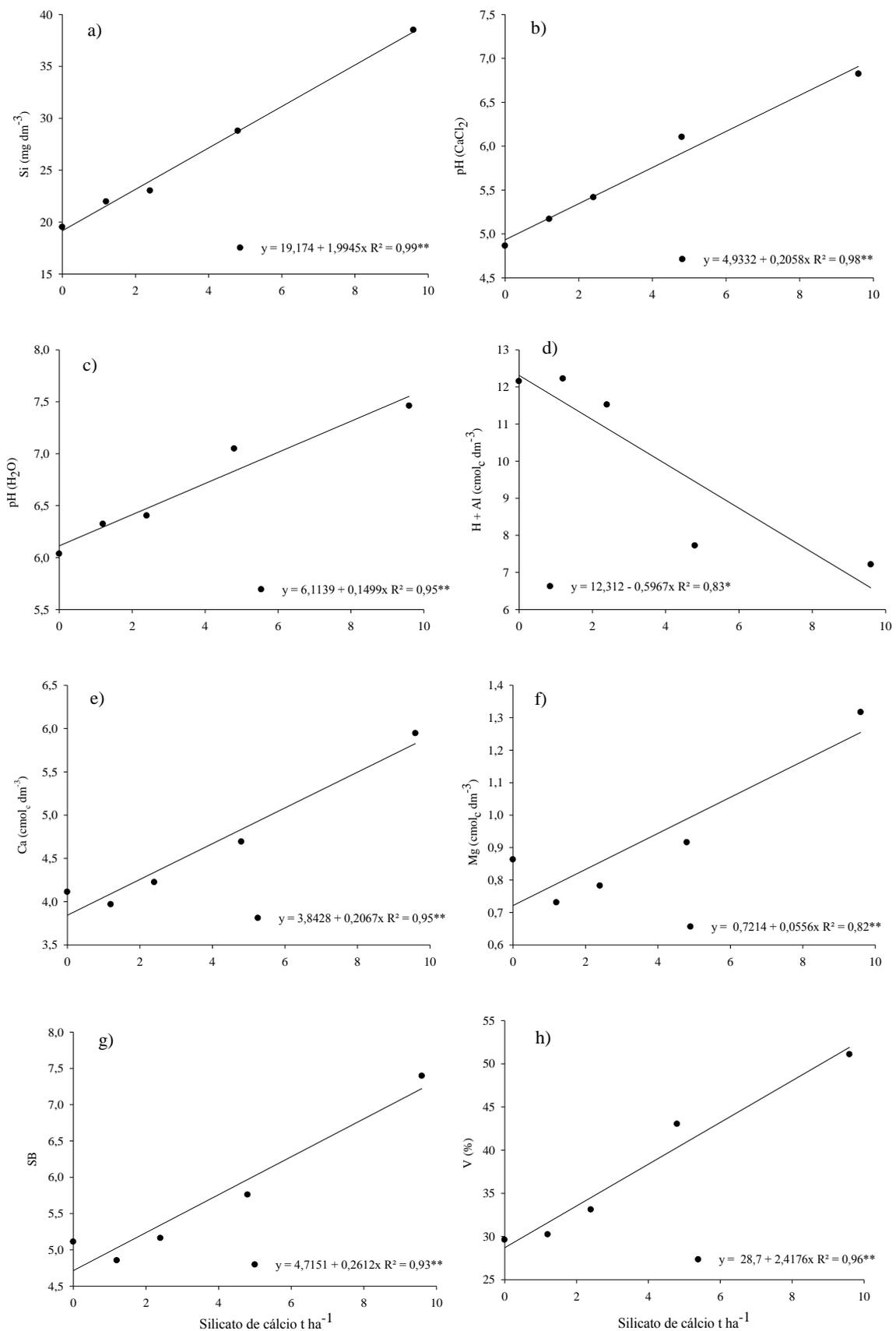


FIGURA 1 - Valores médios de Si, pH_{CaCl₂}, pH_{H₂O}, Ca, Mg, SB e V% do solo, em função das doses de silicato de cálcio. ** e * significativo a 1% e 5%, respectivamente, pelo Teste F.

- CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1213-1218, 2004.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, Embrapa, 2013. 353 p
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, Informação Tecnológica, 2009. 628p.
- FIRME, D.J. **Enriquecimento e fusão de escória de siderurgia como fosfato natural**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 55f, 1986.
- FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.1, p.5-8, 1980.
- GUNES, A.; PILBEAM, D.J.; INAL, A.; COBAN, S. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: Growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.39, n.13-14, p.1885-1903, 2008.
- KORNDORFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, POTAFOS, n.70, p.1-3, 1995.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.21, n.1, p.6-9, 2002.
- KORNDÖRFER, P.H.; SILVA, G.C.; TEIXEIRA, I.R.; SILVA, A.G.; FREITAS, R.S. Efeito da adubação silicatada sobre gramíneas forrageiras e características químicas do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.2, p.119-125, 2010.
- LIMA FILHO, O.F.; LIMA, M.T.G.; TSAI, S.M.O silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.87, p.1-7, 1999.
- LIMA FILHO, O.F.; TSAI, S.M. **Crescimento e produção do trigo e da aveia branca suplementados com silício**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Agropecuária Oeste 41. 2007. 34 p.
- MADEIROS, L.B.; VIEIRA, A.O.; AQUINO, B.F. Micronutrientes e silício nas folhas da cana-de-açúcar: escória siderúrgica aplicado no solo. **Engenharia Ambiental**, v.6, p.27-37, 2009.
- MARAFON, A.C.; ENDRES, L. Adubação silicatada em cana-de-açúcar. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 48 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 165).
- MARCUSSI S.A. **Escória de siderurgia como material corretivo e fonte de silício para a cultura do milho no estado de São Paulo**. Dissertação (Graduação), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.
- MATICHENKOV, V.V.; CALVERT, D.V. Silicon as a beneficial element for sugarcane. **Journal of the American Society of Sugarcane Technologists**, Baton Rouge, v.22, p.21-30, 2002.
- MELO, S.P. **Silício e fósforo para o estabelecimento do capim-Marandu num Latossolo Vermelho-Amarelo**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 110f, 2005.
- PEREIRA, H.S.; KORNDORFER, G.H.; VIDAL, A.A.; CAMARGO, M.S. Silicon sources for rice crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.5, p.522-528, 2004.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002, 309p.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.129-135, 2002.
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.287-296, 2003.
- PULZ, A.L.; CRUSCIOL, C.A.C.; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.32, n.4, p.1651-1659, 2008.
- RAIJ, B. Van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- RAMOS, L.A.; KORNDÖRFER, G.H.; NOLLA, A. Acúmulo de silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.751-757, 2008.
- SAEG - **Sistema para análise estatística e genética**. Versão 8.0, Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- SARTO, M.V.M.; LANA, M.C.; RAMPIM, L.; ROSSET, J.S.; WOBETO, J. R.; ECCO, M.; BASSEGIO, D.; COSTA, P.F. Effect of silicate on nutrition and yield of wheat. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n.11, p.956-962, 2014.
- SARTO, M.V.M.; LANA, M.C.; RAMPIM, L.; ROSSET, J.S.; DAL MOLIN, P.V. Desenvolvimento inicial do milho e atributos químicos do solo em função de diferentes doses de silicato de cálcio. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 11, suplemento, p.22-31, 2012.
- SAVANT, N.K.; SNYDER, G.H.; DATNOFF, L.E. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, New York, v.58, n.1, p.151-199, 1997.
- SOBRAL, M.F.; NASCIMENTO, C.W.A.; CUNHA, K.P.V.; FERREIRA, H.A.; SILVA, A. J.; SILVA, F.B.V. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p.867-872, 2011.
- SOUZA, R.T.X.; KORNDÖRFER, G.H.; WANGEN, D.R.B. Atributos químicos de solos influenciados pela substituição do carbonato por silicato de cálcio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1563-1572, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- TOKURA, A.M.; FURTINI NETO, A.E.; CURTI, N.; CARNEIRO, L.F.; ALOVISI, A.A. Silício e fósforo em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v.29, n.1, p.9-16, 2007.